

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

24/19/5

DIALOG(R) File 351:DERWENT WPI  
(c) 1999 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

010800047 \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 96-297000/199630  
XRPX Acc No: N96-249874

Optical calculating unit for picture compression used in video telephone, conference TV system and multi media communication - includes light source furnished with one set of LEDs which are driven according to image conversion result

Patent Assignee: SHARP KK (SHAF)  
Number of Countries: 001 Number of Patents: 001  
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Main IPC	Week
JP 8129197	A	19960521	JP 94322140	A	19941226	G02F-003/00	199630 B

Priority Applications (No Type Date): JP 94214531 A 19940908

Patent Details:

Patent	Kind	Lan	Pg	Filing Notes	Application	Patent
JP 8129197	A		15			

Abstract (Basic): JP 8129197 A

The unit includes a light source (1) and an image display part (2). An image formed on the display part is supplied to an optical detector, where light intensity is converted into corresponding electric signal.

Corresponding to the pixels which constitute the source image, a set of LEDs (10-17) provided in the light source are illuminated. The intensity of light being emitted by the LEDs depends upon the conversion output. The LEDs are arranged in sequence or column fashion.

ADVANTAGE - Improves operativity. Provides for high speed and high precision processing. Raises operational accuracy. Simplifies drive circuit of light source part.

Dwg.1/10

Title Terms: OPTICAL ; CALCULATE; UNIT; PICTURE ; COMPRESS ; VIDEO; TELEPHONE; CONFER; TELEVISION; SYSTEM; MULTI; MEDIUM; COMMUNICATE; LIGHT; SOURCE; FURNISH; ONE; SET; LED; DRIVE; ACCORD; IMAGE ; CONVERT; RESULT

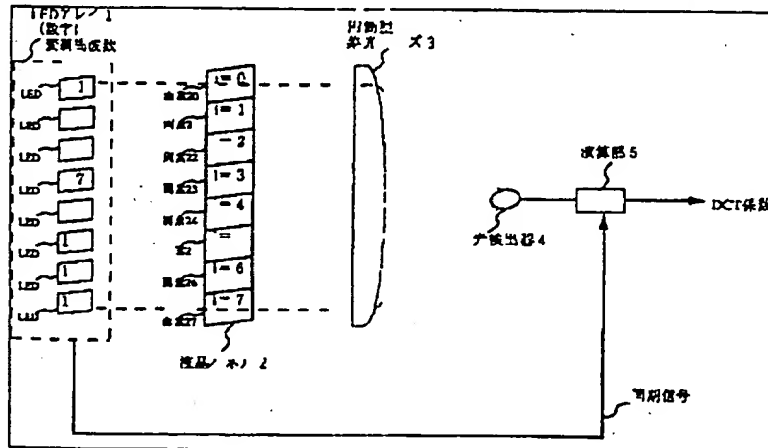
Derwent Class: P81; T02; U21; V07; W04

International Patent Class (Main): G02F-003/00

International Patent Class (Additional): G06E-001/00; H04N-007/30

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): T02-A03A; U21-A05A2; V07-K01; V07-K06; W04-P01A3





1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源部と、原画像を表示する画像表示部と、光強度を電気的信号に変換する光検出部とから構成される光演算装置において、

前記光源部は列方向又は行方向に複数の発光部が原画像の画素に対応して配置されて成り、該発光部のそれぞれが直交変換の基底に基づき光強度変調を行うことを特徴とする光演算装置。

【請求項2】 前記発光部のそれぞれが、1次元離散コサイン変換の基底に基づく正弦波により光強度変調を行うものであることを特徴とする請求項1に記載の光演算装置。

【請求項3】 前記光源部が発光ダイオードから成ることを特徴とする請求項1又は2に記載の光演算装置。

【請求項4】 列方向又は行方向に複数の発光部が原画像の画素に対応して配置されて成り該発光部のそれぞれが直交変換の基底に基づき光強度変調を行う第1の光源部と、原画像を表示する第1の画像表示部と、光の強度を電気的信号に変換する第1の光検出部とから成る第1の光演算部と、

前記第1の光源部とは列方向又は行方向のうちの異なる方向に複数の発光部が画像の画素に対応して配置されて成り該発光部のそれぞれが直交変換の基底に基づき光強度変調を行う第2の光源部と、第1の光演算部による光演算結果に基づく画像を表示する第2の画像表示部と、光の強度を電気的信号に変化する第2の光検出部とから成る第2の光演算部とから構成されたことを特徴とする光演算装置。

【請求項5】 前記第1の光検出部及び前記第2の光検出部が、それぞれ複数の光検出器を列方向又は行方向にアレイ状に配列されて構成されることを特徴とする請求項4に記載の光演算装置。

【請求項6】 前記第1の画像表示部又は前記第2の画像表示部の少なくとも一つがネマティック液晶材料からなり一垂直走査期間に複数回の水平走査を繰り返すように駆動される液晶パネルであり、  
該液晶パネルが含まれる光演算部の光検出部を構成する光検出器が、前記液晶パネルの水平走査方向と相対的に同方向となるようにアレイ状に配置されたことを特徴とする請求項5に記載の光演算装置。

【請求項7】 列方向又は行方向に複数の発光部が原画像の画素に対応して配置されて成る光源部と、原画像を表示する画像表示部と、光強度を電気的信号に変換する光検出部とから構成される光演算装置の駆動方法であって、

前記発光部のそれぞれが1次元離散コサイン変換の基底に基づく正弦波により光強度変調を行うように駆動することを特徴とする光演算装置の駆動方法。

【請求項8】 前記画像表示部がネマティック液晶材料からなり一垂直走査期間に複数回の水平走査を繰り返す

2

ように駆動される液晶パネルであり、

該液晶パネルの一回の水平走査毎に前記光検出部により光検出して電気的演算を行うことを特徴とする請求項7に記載の光演算装置の駆動方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、テレビ電話、テレビ会議等に用いられる画像圧縮を光学的に実現する光演算装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 現在のマルチメディア社会においては、膨大な情報量を持つ画像データを重要な1つのメディアとして伝送したり蓄積したりすることが求められている。

【0003】 また、ディジタル化した静止画及びデータの処理において、画像データの分量が多いため、そのような画像データを記録・伝送することは、現在の記録装置やディジタル回線の容量が十分でないため非常に困難である。例えば、テレビの1画面には約1 Mbyteの情報が必要であり、また、1秒間のテレビ画像には約30 Mbyteの情報量が必要である。このような状況から、画像データ情報量の圧縮が必須である。

【0004】 従来の画像圧縮・伸長技術は、電気的演算を利用したディジタル技術によるものであるが、使用するコンピューターの処理速度に限界があるため、画面を多数のブロックである小画面に分解し、そのブロック毎に処理を行うことを基本としている。現在、国際標準化されている例では、例えば、縦480点、横640点の画素から成る全画面を、縦8点×横8点の正方形のブロックに分割し、各ブロック毎に独立に、2次元直交基底パターンを用いて離散的コサイン変換(Discrete Cosine Transform, 略してDCT)や、ウォルシュアダマール変換(Walsh-Hadamard transform, 略してWHT)を電気的演算によって行なっている。これらの変換による展開係数は、低周波成分から高周波成分に渡っているが、通常、低周波成分にパワーが集中する。したがって、視覚特性を考慮すると、パワーの大きい低周波成分を残し高周波成分を削除することにより、画像の劣化を低く抑えながら、全体としてデータ量の低減を図ることが可能である。

【0005】 そして、画像伸長部では、伝送されたデータから、予め用意されている2次元直交基底パターンの組を使って、縦8点×横8点の正方形の画素から成る中間画素を得る。これを繰り返すことにより全体としての伸長画像を得ることができる。

【0006】 この方式における直交変換には、多数の積和演算を必要とするので、動画像を実時間で圧縮あるいは伸長するためには、これらの演算の高速処理が必要となる。そこで、これらの一連の処理を光学的に実行するというものが、特開平5-333398に示されてい

10

20

30

40

50

る。この公報に示された画像圧縮装置において、空間多重展開方式のものは、図6に示す構成を採っている。この動作原理について説明すると、入力画像（原画像）1002は、光源1001により照射されて、レンズアレイ1008で複製され、その後、この複製画像が直交変換用マスク1009を透過することにより、直交基底との積演算が光学的に実行される。そして、光強度として得られた演算結果は、光検出器アレイ1004で電気的信号に変換される。このようにして、例えばDCT周波数成分を得ることができる。

【0007】また、特開平5-333398には、図7に示すような、時間多重展開方式も提案されている。図7に示すように、入力画像（原画像）1102は、光源1101により照射されて、液晶パネル等に表示された直交変換用マスク1109を透過することにより、直交基底との積演算が光学的に実行される。そして、光強度として得られた演算結果は、集光レンズ1103で集光され、光検出器1104で電気的信号に変換される。このとき、液晶パネル等に表示された直交変換用マスクである直交基底を書き換えることによって、例えば全てのDCT周波数成分を得ることができる。

【0008】さらに、特開平5-333398には、図8に示すような、時空間多重展開方式も提案されている。図8に示すように、入力画像（原画像）1202は、光源1201により照射されて、レンズアレイ1208で複製され、その後、この複製画像が液晶パネル等に表示された直交変換用マスク1209を透過することにより、直交基底との積演算が光学的に実行される。そして、光強度として得られた演算結果は、光検出器アレイ1204で電気的信号に変換される。このとき、液晶パネル等に表示された直交変換用マスクである直交基底を書き換えることによって、DCT等の直交変換周波数成分を得ることができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の空間多重展開方式では、レンズアレイ等を用いて原画像を複製する必要があるため、レンズの収差の効果などにより誤差が生じ、多数の画像を高精度で複製することは非常に困難である。そして、これが、演算結果に影響を与え、高精度な演算が困難となってしまう。

【0010】また、時間多重展開方式や時空間多重展開方式では、動画の処理を行うためには、入力画像（原画像）である動画の書き換え速度よりも、直交変換基底パターンを更に速く書き換える必要がある。例えば、1024×1024画素の画像を扱う際には、直交基底も1024×1024種類あるので、1枚の画像当たり1024×1024回の書き換えなければならないことになる。したがって、1秒間に30枚の画像を扱うのに必要な書き換え速度は、下記数1のとおり32nsとなる。

【0011】

【数1】

$$\frac{1}{30} \cdot \frac{1}{1024 \times 1024} \approx 32 \times 10^{-9}$$

【0012】これに対して、直交変換基底パターンの表示に用いられる液晶空間光変調器（SLM）でも画像の書き換え速度は30ms程度であり、液晶SLMを用いて上記のような動画の処理は不可能である。

【0013】さらに、時空間多重展開方式では、レンズアレイ等を用いて原画像を複製する必要があるため、空間多重展開方式と同様に、高精度な演算が困難となってしまう。

【0014】本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであって、高速かつ高精度に直交変換処理でき、動画画像を高い演算精度で直交変換処理可能な光演算装置およびその駆動方法を提供することを目的としている。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明では、光源部と、原画像を表示する画像表示部と、光強度を電気的信号に変換する光検出部とから構成される光演算装置において、光源部を列方向又は行方向に複数の発光部が原画像の画素に対応するように配置し、その発光部のそれぞれが直交変換の基底に基づき光強度変調を行うように構成している。

【0016】そして、本発明では、上記の光演算装置において、発光部のそれぞれが、1次元離散コサイン変換の基底に基づく正弦波により光強度変調を行うものとしている。

【0017】そして、本発明では、上記の光演算装置において、光源部として発光ダイオードを用いている。

【0018】また、本発明では、列方向又は行方向に複数の発光部が原画像の画素に対応して配置されて成りその発光部のそれぞれが直交変換の基底に基づき光強度変調を行う第1の光源部と、原画像を表示する第1の画像表示部と、光の強度を電気的信号に変化する第1の光検出部とから成る第1の光演算部と、第1の光源部とは列方向又は行方向のうちの異なる方向に複数の発光部が画像の画素に対応して配置されて成り該発光部のそれぞれが直交変換の基底に基づき光強度変調を行う第2の光源部と、第1の光演算部による光演算結果に基づく画像を表示する第2の画像表示部と、光の強度を電気的信号に変化する第2の光検出部とから成る第2の光演算部とから光演算装置を構成している。

【0019】そして、本発明では上記の光演算装置において、第1の光検出部及び第2の光検出部が、それぞれ複数の光検出器を列方向又は行方向にアレイ状に配列して構成している。

【0020】さらに、本発明では、上記の光演算装置において、第1の画像表示部又は第2の画像表示部の少なくとも一つがネマティック液晶材料からなり一垂直走査

期間に複数回の水平走査を繰り返すように駆動される液晶パネルであり、その液晶パネルが含まれる光演算部の光検出部を構成する光検出器が、その液晶パネルの水平走査方向と相対的に同方向となるようにアレイ状に配置して構成している。

【0021】また、本発明では、列方向又は行方向に複数の発光部が原画像の画素に対応して配置されて成る光源部と、原画像を表示する画像表示部と、光強度を電気的信号に変換する光検出器とから構成される光演算装置の駆動方法において、発光部のそれぞれが1次元離散コサイン変換の基底に基づく正弦波により光強度変調を行うべく駆動するようにしている。

【0022】そして、本発明では、上記の光演算装置の駆動方法において、画像表示部がネマティック液晶材料からなり一垂直走査期間に複数回の水平走査を繰り返すように駆動される液晶パネルであり、その液晶パネルの一回の水平走査毎に光検出部により光検出して演算を行うように駆動している。

【0023】

【作用】本発明の光演算装置によれば、上記のように構成しているので、従来の光演算装置では必要であった原画像の複製を不必要とすることができ、レンズの収差等による誤差が生じることなく、演算精度を向上させることができる。さらに、従来の光演算装置では必要であった直交変換パターンの書き換えを不必要とすることができ、高速に直交変換処理を実行することができる。したがって、本発明によれば、動画像を高い演算精度で直交変換処理できる光演算装置を実現することが可能となる。さらに、本発明の光演算装置の駆動方法によれば、このような動画像を高い演算精度で直交変換処理できる光演算装置を駆動することができる。

【0024】

【実施例】以下、本発明の実施例について、図面を参照して説明する。図1は、本発明の第1の実施例の光演算装置の基本的な構成を示す図であり、 $1 \times 8$ 画素の大きさの画像の1次元の次数8のDCT周波数成分を求めるものを一例として示している。図1のように、この光演算装置は、光源部として発光ダイオード(LED)10~17の8個のLEDから成るLEDアレイ1を用い、また、原画像を表示する液晶パネル2も画素番号1=0~7の8個の画素20~27から成るものを用いている。そして、液晶パネル2からの透過光を集光するための円筒型集光レンズ3と、光強度により表された演算結果を電気的信号に変換する光検出器4と、DCT係数を導き出す電気的演算を行う演算部5とから構成される。なお、演算部5には、LEDアレイ1の駆動と同期を取るように、LEDアレイ1から同期信号が入力される。

【0025】なお、図1において、LED10~17の

変調周波数とは、LED10の光強度変調の周波数を1倍としたとき、LED10~17のそれぞれが何倍の周波数になるかを示す数値である。

【0026】次に、図1に示した光演算装置を用いて、離散コサイン変換(DCT)を行う場合について説明する。1次元の次数NのDCTについて、原画像を $x_i$  (但し $i$ は画素番号であり、 $i=0, 1, \dots, N-1$ )、周波数成分を $X_k$  (但し $k=0, 1, \dots, N-1$ )とすると、そのDCT直交変換の基底 $D_{ik}$ は下記数2のようになる。

【0027】

【数2】

$$DCT直交変換の基底 D_{ik} = \frac{2}{\sqrt{N}} C(k) \cos \frac{k(2i+1)\pi}{2N}$$

$$C(k) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & k=0 \\ 1 & \text{その他} \end{cases}$$

【0028】そして、上記数2としたとき、1次元の次数NのDCTは下記数3のように表される。

【0029】

【数3】

$$X_k = \sum_i D_{ik} x_i$$

【0030】LEDアレイ1をDCT直交変換の基底に基づき、下記数4で光強度変調する。

【0031】

【数4】

$$LED強度 I_i(t) = I_0 + I_m \cos \frac{t(2i+1)\pi}{2N}$$

【0032】数4において、 $I_0$ は変調振幅、 $I_m$ は変換基底のオフセット、 $t$ は時間をそれぞれ表している。オフセット $I_0$ は、DCTの直交基底が負の値を取り得るがLEDの明るさが負の値を取り得ないので、これを補正するためのものである。

【0033】図2にLEDの光強度の変化を低次の4個分について示す。図2において、縦軸は $[(I_i(t) - I_0) / I_m]$ で表される光強度、横軸は時間( $t$ )を示すものである。本実施例の場合、LED10, 11, ..., 17に対して、周波数がそれぞれ奇数倍即ち、1倍、3倍、..., 15倍となり、図2に示すように、LED10, 11, 12, 13における光強度変調をそれぞれa, b, c, dで表されるカーブの様に設定している。したがって、例えば、上記数3で表したDCT直交変換の基底の $\cos \{k(2i+1)\pi / 2N\}$ の値は、 $N=8$ のとき下記表1のようになる。

【0034】

【表1】

7

8

	i = 0	i = 1	i = 2	i = 3	i = 4	i = 5	i = 6	i = 7
k = 0	1.000	0.981	0.924	0.831	0.707	0.556	0.383	0.195
k = 1	1.000	0.831	0.383	-0.195	-0.707	-0.981	-0.924	-0.556
k = 2	1.000	0.556	-0.383	-0.981	-0.707	0.195	0.924	0.831
k = 3	1.000	0.195	-0.924	-0.556	0.707	0.831	-0.383	-0.981
k = 4	1.000	-0.195	-0.924	0.556	0.707	-0.831	-0.383	0.981
k = 5	1.000	-0.556	-0.383	0.981	-0.707	-0.195	0.924	-0.831
k = 6	1.000	-0.831	0.383	0.195	-0.707	0.981	-0.924	0.556
k = 7	1.000	-0.981	0.924	-0.831	0.707	-0.556	0.383	-0.195

【0035】ここで、表1のk=0, 1, 2, 3が、それぞれ図2のa, b, c, dに対応し、表1のi=0, 1, 2, ..., 7が、それぞれ図2のt=0, 1, 2, ..., 7に対応するものである。

【0036】これを、濃淡パターンで表したものが図3である。図3に示すように、i=0, 1, 2, ..., 7のときのそれぞれの1次元のDCT直交変換パターンは、それぞれ縦方向（列方向）に配列されたようなパターンになる。

$$\begin{aligned}
 \text{光強度 } P(t) &= \sum_i x_i I_i(t) \\
 &= \left( \sum_i x_i \right) I_o + I_m \sum_i x_i \cos \frac{t(2i+1)\pi}{2N}
 \end{aligned}$$

【0039】t=kのとき、上記数2の関係から、下記数6のようになる。

【0040】

【数6】

$$\begin{aligned}
 P(t=k) &= \left( \sum_i x_i \right) I_o + I_m \sum_i x_i \cos \frac{k(2i+1)\pi}{2N} \\
 &= \left( \sum_i x_i \right) I_o + \frac{\sqrt{N}}{2C(k)} I_m \sum_i D_{ik} x_i \\
 &= \left( \sum_i x_i \right) I_o + \frac{\sqrt{N}}{2C(k)} I_m X_k \\
 \left( X_k = \sum_i D_{ik} x_i \right)
 \end{aligned}$$

※

$$\begin{aligned}
 P(t=2N \pm k) &= \left( \sum_i x_i \right) I_o + I_m \sum_i x_i \cos \frac{(2N \pm k)(2i+1)\pi}{2N} \\
 &= \left( \sum_i x_i \right) I_o + I_m \sum_i x_i \cos \left( (2i+1)\pi + \frac{\pm k(2i+1)\pi}{2N} \right) \\
 &= \left( \sum_i x_i \right) I_o - I_m \sum_i x_i \cos \frac{k(2i+1)\pi}{2N} \\
 &= \left( \sum_i x_i \right) I_o - \frac{\sqrt{N}}{2C(k)} I_m X_k
 \end{aligned}$$

【0043】なお、ここで、LEDアレイ1と液晶パネル2とを近接させるなどして、LEDアレイ1と液晶パネル2とのそれぞれの画素を一对一に対応させ、対応関係にないLEDからの光が液晶パネルの画素に入らない

10 \* 【0037】上記数4で示されたDCT直交変換の基底に基づきLEDアレイ1を出射された光は、原画像が表示された液晶パネル2を透過し、これにより原画像の画素とDCTの直交基底との積演算が実行される。このときの透過光強度は、下記数5のように表すことができる。

【0038】

【数5】

※【0041】ここで、前述の原画像の画素とDCTの直交基底との積演算は、上記数6の( $D_{ik} x_i$ )に相当する。また、t=2N±kのとき、上記数5は下記数7のように書き改められる。

【0042】

【数7】

ように、即ちクロストークが生じないように配置することが好ましい。

【0044】次いで、このように液晶パネル2を透過した透過光は、円筒型集光レンズ3で集光されることによ

り、和演算が実行される。この和演算は、上記数6における $\sum x_i$ 及び $\sum D_{ij} x_i$ に相当する。

【0045】このようにして演算された結果は光強度として得られるが、光検出器4により電気的信号に変換される。

【0046】上記数6及び数7から、DCT周波数成分は、下記数8のように表される。

【0047】

【数8】

$$X_k = \frac{C(k)}{\sqrt{N}I_m} \{P(t=k) - P(t=2N \pm k)\}$$

【0048】または、上記数5は、 $t=N$ のとき、下記数9のようになる。

【0049】

【数9】

$$P(t=N) = \left( \sum_i x_i \right) I_o$$

【0050】したがって、上記数6及び数9から、DCT周波数成分は、下記数10のようにも表すことができる。

【0051】

【数10】

$$X_k = \{P(t=k) - P(t=N)\} \frac{2C(k)}{\sqrt{N}I_m}$$

【0052】演算部5では、上記数8又は数10の演算を実行することにより、オフセットを除去して、DCT周波数成分を得ることができる。

【0053】このような一連の演算処理を、図2における $t=0$ から時間1の間隔で、 $t$ が整数のときに取り込み $t=16$  ( $=2N$ )まで順次行う。

【0054】以上のようにして、 $1 \times 8$ 画素の大きさの画像の1次元の次数8のDCT周波数成分を求めることができる。

【0055】なお、DCT周波数成分を正確に得るには、光源の光強度変調に正確に同期して、演算部5からの信号を取り出さなければならないが、そのためには、光源または光源の駆動部から同期信号を演算部5又は光検出器4へ入力するように構成すれば良い。

【0056】また、一つの画像に対する演算が完了するまでに要する時間は、演算部5で上記数8の演算をするときには最も低周波で光強度変調する振動周期の $1/2$ であり、演算部5で上記数10の演算をするときには最も低周波で光強度変調する振動周期の $1/4$ である。そのため、複数の画像を処理する時には、光強度変調の位相が元に戻るまで待機するか、あるいは光強度変調の位相を強制的に元に戻すように構成すれば良い。

【0057】なお、上記実施例の演算速度に関して、時間の単位は任意であるので、光強度変調を高速に行えばそれだけ高速の演算処理が可能となる。

【0058】続いて、2次元のDCT直交変換による演算処理が可能な第2の実施例について説明する。図4は、第2の実施例の光演算装置の基本的構成を示す図であり、 $8 \times 8$ 画素の大きさの画像の2次元の次数8のDCT周波数成分を求めるものを示している。図4に示すように、この光演算装置は、行方向演算部100と列方向演算部200との2種類の演算部を組み合わせたような構成になっている。即ち、第2の実施例は、第1の実施例で説明したような1次元DCT直交変換による処理を、行と列との2回行うことにより、2次元のDCT直交変換による演算処理を実行するものである。

【0059】図4に示した光演算装置の構成について、より詳細に説明すると、行方向演算部100は、光源部として列方向（図面縦方向）に等しい光強度で発光する発光ダイオード(LED)110～117の8個が配列されて成るLEDアレイ101と、原画像を表示する $8 \times 8$ 個の画素( $i=0 \sim 7, j=0 \sim 7$ )から成る液晶パネル102と、行方向（図面奥行き方向）に集光能力をもつ円筒型集光レンズ103と、列方向（図面縦方向）に光検出器140～147が配列された光検出器アレイ104と、光検出器アレイ104からの出力に基づき電気的演算を行う演算部105とから構成されている。

【0060】そして、列方向演算部200は、光源部として行方向（図面奥行き）に等しい光強度で発光する発光ダイオード(LED)210～217の8個が配列されて成るLEDアレイ201と、原画像に1次元DCTを行って得られた周波数成分を表示する $8 \times 8$ 個の画素( $i=0 \sim 7, j=0 \sim 7$ )から成る液晶パネル202と、列方向（図面縦方向）に集光能力をもつ円筒型集光レンズ203と、行方向（図面奥行き方向）に光検出器240～247が配列された光検出器アレイ204と、光検出器アレイ204からの出力に基づき電気的演算を行う演算部205とから構成されている。

【0061】なお、演算部105には、LEDアレイ101の駆動と同期を取るようにLEDアレイ101から同期信号が入力され、また、LEDアレイ201の駆動部には、演算部105と同期を取るように同期信号が入力される。また、演算部205には、LEDアレイ201の駆動と同期を取るようにLEDアレイ201から同期信号が入力されている。そして、行方向演算部100の演算結果に基づき、列方向演算部200での演算が実行されるように、演算部105からの信号が液晶パネル202に入力される構成となっている。また、図4において、LED110～117及びLED210～217の変調周波数とは、LED110及びLED210の光強度変調の周波数を1倍としたとき、LED110～117及びLED210～217のそれぞれが何倍の周波数になるかを示す数値である。

【0062】次に、図4に示した光演算装置を用いて、



8×8画素の大きさの画像の2次元の離散的コサイン変換(DCT)を行う場合について説明する。まず、列方向演算部100における光演算に関しては、前述の第1の実施例と同様にして、図2における $t=0$ から時間1の間隔で、 $t$ が整数のときに取り込み $t=16(=2N)$ まで順次行う。

【0063】但し、第1の実施例では列方向(図面縦方向)の1次元の処理を行ったのに対し、第2の実施例の行方向演算部100では行方向(図面奥行き方向)の1次元の処理を行うものであり、演算結果は、液晶パネル102の $i=0\sim7$ の各行毎に対応して得られる。すなわち、光検出器アレイ104では、液晶パネル102の $i=0\sim7$ の各行に対応して光強度として取り込んだ演算結果が電気信号に変換される。そして、この電気信号に変換された演算結果が、演算部105に入力され、演算部105では、これに基づき、上記の数8又は数10の演算を実行することにより、直交変換のオフセットを除去し、行方向の1次元DCT周波数成分を得ることができる。

【0064】次いで、このようにして得られた1次元DCT

$$P(t) = \left( \sum_i (x_i + x_o) \right) I_o + I_m \sum_i (x_i + x_o) \cos \frac{t(2i+1)\pi}{2N}$$

$x_o$  = 画素のオフセット

【0068】次に、演算部205において下記数12又は数13の演算を行うことにより、2次元DCT周波数成分を得ることができる。

【0069】

【数12】

$$X_k = \frac{C(k)}{\sqrt{NI_m}} \{P(t=k) - P(t=2N \pm k)\} - x_o \sum_i D_{ik}$$

【0070】

【数13】

$$X_k = \{P(t=k) - P(t=N)\} \frac{C(k)}{\sqrt{NI_m}} - x_o \sum_i D_{ik}$$

【0071】なお、上記数12及び数13において、 $x_o \sum_i D_{ik}$ は、定数なのであらかじめ計算しておけば、このときの計算量を低減することができる。

【0072】以上のようにして、8×8画素の大きさの画像の2次元DCT周波数成分を求めることができる。

【0073】なお、上記第2の実施例において、1次元のDCTを行う処理を全て並列に動作させることが可能であるので、2次元のDCTを行うのに必要な時間は、最も低周波で変調するLED(図4のLED110及びLED210)の1/2周期分となる。但し、動画像を処理する場合には、LED強度変調光の位相が戻るまで待機しなければならないので、1周期分となる。したがって、動画像を処理する場合、最も高周波で変調するLEDは15回振動することになる。例えば、1秒に30枚の画像を処理数するときには、

\*CT周波数成分に対して、列方向演算部200においてDCTを行うため、上記で得られた1次元DCT周波数成分に基づいて液晶パネル202への表示を行う。このとき、列について( $j$ 方向)は時間 $t$ の順に、行について( $i$ 方向)は画素の番号の順に表示する。ここで、1次元DCT周波数成分は、負数を取り得るので、オフセット( $x_o$ )をかける。なお、ここでの表示は、画像1枚につき1回となるが、液晶パネルを用いれば、1秒当たり30枚を表示する動画でも使用可能である。

【0065】次に、上記のような表示を行った液晶パネル202が、LEDアレイ201により照射されると、液晶パネル202からの透過光は積演算が施され(前述の数6の $D_{ik}x_i$ に相当)、更に円筒型集光レンズ203により集光されることにより、和演算が行われる(前述の数6の $\sum x_i$ 及び $\sum D_{ik}x_i$ に相当)。

【0066】そして、この集光結果が光検出器204により検出される。このときの検出される光強度は、下記数11のように表される。

【0067】

【数11】

$$30(\text{枚}) \times 15(\text{Hz/枚}) = 450(\text{Hz})$$

とるので、450Hzよりも速い光強度変調が可能なLEDを用いれば良い。

【0074】なお、上記第2の実施例では、8×8の次数のDCTを実行するものについて説明したが、この次数はこれに限定されるものではなく、任意の次数のものでも本発明を適用することができる。

【0075】上記第2の実施例では、離散コサイン変換(DCT)を行うものについて説明したが、第3の実施例として、前述の第1の実施例と同様に図1に示したような構成で、逆離散コサイン変換(IDCT)を行う光演算装置について、図1を用いて説明する。IDCTは、下記数14のように表すことができる。

【0076】

【数14】

$$x_i = \sum_k D_{ik} X_k$$

【0077】このとき、まず、LEDアレイ1の光強度を下記数15のように変調を行う。

【0078】

【数15】

$$I_k(t) = I_o + I_m \cos \frac{k(2t+1)\pi}{2N}$$

【0079】そして、周波数成分は負の数を取り得るので、オフセット $X_o$ を各周波数成分にかけて液晶パネル

2に表示し、LEDアレイ1により照射を行うと、得られる透過光の光強度は、下記数16のように表すことができる。

$$P(t) = \sum_k (X_k + X_o) I_k(t) \\ = \sum_k (X_k + X_o) I_o + \sum_k (X_k + X_o) I_m \cos \frac{k(2t+1)\pi}{2N}$$

( $X_o$  = 周波数成分のオフセット)

【0081】上記数16より下記数17が得られ、ID 10※【0082】CTの結果は、下記数18のようにして求めることができる。

$$P(t=i) - P(t=2N+i) = \left\{ \sum_k (X_k + X_o) I_o + \sum_k (X_k + X_o) I_m \cos \frac{k(2i+1)\pi}{2N} \right\} \\ - \left\{ \sum_k (X_k + X_o) I_o + \sum_k (X_k + X_o) I_m \cos \frac{k(2(2N+i)+1)\pi}{2N} \right\} \\ = 2I_m \sum_k (X_k + X_o) \cos \frac{k(2i+1)\pi}{2N} \\ = \frac{\sqrt{N}}{C(k)} I_m \sum_k (X_k + X_o) D_{ik}$$

【0083】

★20★【数18】

$$x_i = \{P(t=i) - P(t=2N+i)\} \frac{C(i)}{\sqrt{N} I_m} - X_o \sum_k D_{ik}$$

$$\left( \begin{array}{l} x_i = \text{原画像} \\ i = 0, 1, \dots, 7 (\text{画素番号}) \\ X_k = \text{周波数成分} \\ k = 0, 1, \dots, 7 (\text{周波数成分番号}) \end{array} \right)$$

【0084】すなわち、上記数16で表される透過光を、円筒型集光レンズ3で集光し、光検出器4で電気信号に変換し、演算部5で電氣的演算を行うことにより、上記数18に相当するIDCTの演算結果を得ることができる。

【0085】なお、第3の実施例において、前述の第2の実施例と同様にして、2次元のIDCTを実行する光演算装置も構成することができる。

☆【0086】第4の実施例として、前述の第1の実施例と同様に図1に示したような構成で、ウォルシュアダマール変換(WHT)を行う光演算装置について、図1を用いて説明する。1次元の次数8のWHTは、その基底を $W_{ik}$ を下記数19のようにおいたとき、下記数20のように定義することができる。

【0087】

☆【数19】

$$WHT \text{直交変換の基底 } W_{ik} = \frac{1}{8} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

【0088】

【数20】

$$X_k = \sum_i W_{ik} x_i$$

ることにより、下記数22のように表される光強度を得ることができる。

【0090】

【数21】

【0089】したがって、LEDアレイ1の光強度 $I_1$ を、下記数21のように、時間に対して離散的に変調す

$$I_i[t] = I_o + I_m W_{it}$$

$$t = 0, 1, \dots, 7(\text{時間})$$

【0091】

【数22】

$$\begin{aligned} P[t] &= \sum_i x_i I_i[t] \\ &= \left( \sum_i x_i \right) I_o + I_m \sum_i x_i W_{it} \\ &= \left( \sum_i x_i \right) I_o + I_m X_t \end{aligned}$$

【0092】このようなLEDアレイ1により液晶パネル2を照射して得られる透過光を、円筒型集光レンズ3で集光し、光検出器4で電気信号に変換し、演算部5で電氣的演算により、下記数23のような演算を実行することによりWHTの周波数成分を得ることができる。

【0093】

【数23】

$$X_k = \left\{ P[t=k] - \left( \sum_i x_i \right) I_o \right\} \times \frac{1}{I_m}$$

【0094】このように、DCT変換以外の、IDCT変換やWHT変換にも、本発明を適用することができ、さらに、これら以外の直交変換にも本発明を適用することが可能である。

【0095】なお、上記実施例において、光検出器には光強度に対して検出可能な範囲があるので、液晶パネルからの透過光強度 $P[t]$ の値が、その検出可能な範囲に納まるように、例えば変調振幅 $I_m$ の調整等の設定や設計を行う必要がある。さらに、直交変換を施そうとする画像、即ち原画像には、高い周波数成分の値より低い周波数成分の値の方が大きくなるような偏りをもつものが多くあり、その中でも、最も低い周波数の周波数成分、即ち直流成分の値が最も大きくなるような画像がほとんどである。したがって、光検出器の検出の分解能に限界があるので、高周波成分の値が高精度に検出できなくなり、このため演算精度が低下してしまうことがある。

【0096】このような問題を解消するためには、変調振幅 $I_m$ が周波数成分毎にに応じて任意に設定可能なものである。この $I_m$ を低周波に対しては小さく、高周波に対しては大きくなるように設定すれば良い。特に、直流成分の値が他の値より大きくなる場合には、直流成分に対してのみ $I_m$ を小さくし、他の周波数成分に対して $I_m$ をより大きく一定な値に設定すれば、実用上、充分に高い精度での演算が可能である。

【0097】第5の実施例として、演算を実行すると共

に、原画像の表示を行う光演算装置について、図5を用いて説明する。本実施例において、図1を用いて説明した第1の実施例と異なる点は、図5に示すように、ハーフミラー306を液晶パネル302の透過光が出射する側に設け、その透過光を原画像表示に用いるものと演算実行に用いるものとに分割するように配置した点である。このようにすれば、演算を実行すると共に原画像を表示することができるので、別に原画像のモニタを必要とはせず、即ちこの光演算装置は原画像モニタの機能をも兼ね備えたものとなる。なお、ここで、LEDの変調周波数は、30Hz以上とすることができるので、人間の目には連続して点灯しているように原画像が観察されるので、即ちLEDをバックライトとして用いたような構成になる。

【0098】なお、第5の実施例において、LEDと光検出器とを青、赤、緑の3原色分設ければ、カラー表示をすることができる。ただし、例えば、赤色のLEDからの光が漏れて緑色用の光検出器に入射してしまうような場合、緑色用の光検出器の入射側に、赤色の光を遮光する単色フィルタを配置すれば、赤色LEDからの不必要な光を遮光することができるので、このような不必要な成分の光漏れの問題点を解決することができる。

【0099】なお、上記実施例では、光源部として、列方向又は行方向に複数のLEDが原画像の画素に対応して配置されたものを用いたが、これに限定されるものではなく、ハロゲンランプ等の均一な光源からの光を液晶空間光変調器等の空間光変調器により光強度変調したものを光源部として用いても良い。ただし、液晶空間光変調器を用いた光源部の場合、変調速度が遅くなることがあるが、そのようなときでも、速い演算速度を必要としない静止画を演算処理するのに用いることができる。

【0100】なお、上記実施例において、画像表示部として、ネマティック液晶材料からなり、一垂直走査期間に複数回の水平走査を繰り返すように駆動される液晶パネルを用いたときに、制御している液晶パネルの透過率が実際には時間的に変化するため、演算精度を低下させてしまうという問題が生じる場合がある。この問題点について、図6を用いて説明する。図6は、上記のような液晶パネルにおいて、一定の明るさの光をその液晶パネルの一画素に透過させたときの透過光の強度の時間変化を模式的に示したものであり、横軸は時間を、縦軸は透過光強度を表す。図6に示すように、例えば、1垂直期間内の点Aから点A'までで、ある画素での透過光強度が点線のように一定になるように制御しているにも拘わらず、実際には、実線に示すように、時間変化に伴い透過光強度が低下してしまうようなものがある。これは、ネマティック液晶材料の材料の特性とそれを用いた液晶パネルの駆動方法とに起因するものである。このような液晶パネルの特性は、演算精度の低下の原因となる。

【0101】上記のような透過光強度に時間変化を示す

ような特性の液晶パネルを、上記実施例の画像表示部として用いた場合には、図6の点A、点A'の付近を用いて演算を実行すれば、演算精度の低下を最小限に抑えることができる。

【0102】したがって、画像表示部として、ネマティック液晶材料からなり、一垂直走査期間に複数回の水平走査を繰り返すように駆動される液晶パネルを用いた場合には、液晶パネルの一回の水平走査毎に光検出部により光検出して電気的演算を行うようにすれば良い。例えば、図1に示したような構成の場合には、液晶パネル2の一回の水平走査が終了すると、演算部5において光検出器4からの光検出信号に基づいて電気的演算を行うように、LEDアレイ1と液晶パネル2と演算部5とにおいて同期を取るように構成する。

【0103】次に、画像表示部として、ネマティック液晶材料からなり、一垂直走査期間に複数回の水平走査を繰り返すように駆動される液晶パネルを用いて、2次元のDCT直交変換による演算処理を実行する構成の第6の実施例について、図7を用いて説明する。

【0104】図7に示すように、図4を用いて説明した第2の実施例と異なる点は、行方向演算部400の液晶パネル402と列方向演算部500の液晶パネル502とのうち少なくとも液晶パネル502が、ネマティック液晶材料からなり一垂直走査期間に複数回の水平走査を繰り返すように駆動される液晶パネルである。そして、この他に、列方向演算部500において、光源部であるLEDアレイ501が列方向（図面縦方向）に等しい光強度で発光するLED510～517の8個が配列されて構成され、行方向（図面奥行き方向）に集光能力をもつ円筒型集光レンズ503を用い、光検出器アレイ504が列方向（図面縦方向）に光検出器540～547が配列されて構成されている点が異なる。これは、光検出器アレイ504を構成する光検出器540～547のそれぞれが、円筒型集光レンズ503を介して、液晶パネル502の水平走査方向と相対的に同方向となるように、行方向（図面縦方向）にアレイ状に配列させた配置構成としたものである。

【0105】また、列方向演算部500において、液晶パネル502の一回の水平走査毎に、演算部505で光検出器アレイ504からの光検出信号に基づいて電気的演算を行うように、LEDアレイ501と液晶パネル502と演算部505とにおいて同期が取られるように構成されている。すなわち、液晶パネル502の一回の水平走査が終了すると、光検出器アレイ504からの光検出信号に基づいて演算部505で電気的演算を行うように、同期信号がLEDアレイ501の制御部（図示しない）から、液晶パネル502と演算部505とに入力される構成である。

【0106】なお、行方向演算部400において、液晶パネル402にも、ネマティック液晶材料からなり、一

垂直走査期間に複数回の水平走査を繰り返すように駆動される液晶パネルを用いた場合には、光検出器140～147が液晶パネル402の水平走査方向と相対的に同方向となるような配置関係になっているので、液晶パネル402の水平走査と電気的演算とのタイミングを同期させるようにすれば良い。すなわち、列方向演算部500と同様にして、液晶パネル402の一回の水平走査毎に、演算部405において光検出器アレイ104からの光検出信号に基づいて電気的演算を行うように、LEDアレイ101と液晶パネル402と演算部405とにおいて同期が取られるように、同期信号を入力させるように構成すれば良い。

【0107】第6の実施例のDCT演算処理を行う動作原理は、ほとんど第2の実施例と同様であるが、行方向演算部400の演算結果として得られる1次元DCT周波数成分に基いて、液晶パネル502に表示をする際に、液晶パネル502でのi方向とj方向とを入れ換えるように、演算部405からの出力を行うようにする。すなわち、液晶パネル502において、列について（i方向）は画素の番号の順に、行について（j方向）は時間tの順に表示するように、演算部405からの出力を行う。このようにすれば、第2の実施例と同様に、行と列との2次元についてのDCT周波数成分を求めることができる。なお、前述の実施例と同様に、次数や直交変換の種類などは、この第6の実施例に限定されるものではない。

【0108】なお、上記実施例では、原画像の画素と変換基底との積演算を、LEDアレイからの光を液晶パネルを透過させることにより行ったが、反射型液晶素子等を用いて、反射させるように構成しても良い。

【0109】また、上記実施例では、和演算を実行するのに、円筒型集光レンズを用いたが、これに限定されるものではなく、他のレンズを用いても良い。また、和演算を実行するのに、集光のための光学系を用いずに、画素毎に光検出器を配置して、電気的に演算処理するように構成しても良い。

【0110】また、光源部と画像表示部と光検出部とを密着させて一体化すれば、画素間のクロストークを防止することができる。

【0111】

【発明の効果】以上のように、請求項1の発明によれば、光源部として列方向又は行方向に複数の発光部が原画像の画素に対応して配置し、その発光部のそれぞれが直交変換の基底に基づき光強度変調を行うように構成しているので、従来の光演算装置では必要であった原画像の複製を不必要とし、演算結果の精度を向上させることができる。また、列単位又は行単位で光源部の光強度変調を行うので、従来のものより光源部の駆動回路を大幅に簡素化することができ、装置の低コスト化を図ることができる。

19

【0112】請求項2の発明によれば、発光部のそれぞれが、1次元離散コサイン変換の基底に基づく正弦波により光強度変調を行うように構成しているのので、1次元離散コサイン変換の演算を高精度に実行することができる。

【0113】請求項3の発明によれば、光源部として発光ダイオードを用いているので、従来の光演算装置では必要であった直交変換パターンの書き換えを不必要とし、高速に演算処理が可能となり、動画像も演算可能となる。

【0114】請求項4及び請求項5の発明によれば、列方向又は行方向に複数の発光部が原画像の画素に対応して配置し、その発光部のそれぞれが直交変換の基底に基づき光強度変調を行う第1の光源部と、その第1の光源部とは列方向又は行方向のうちの異なる方向に複数の発光部が原画像の画素に対応して配置し、その発光部のそれぞれが直交変換の基底に基づき光強度変調を行う第2の光源部とを組み合わせる構成しているのので、2次元動画像の直交変換を高精度に実行することができる。

【0115】請求項6の発明によれば、画像表示部としてネマティック液晶材料からなり一垂直走査期間に複数回の水平走査を繰り返すように駆動される液晶パネルを用いた場合にも、演算精度の低下を最小限に抑えることができ、2次元動画像の直交変換を高精度に実行することができる。

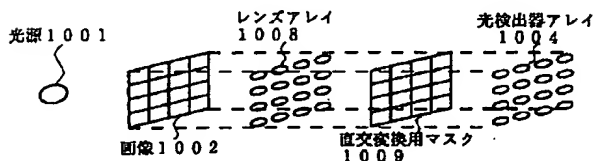
【0116】請求項7の発明によれば、光源部のそれぞれが1次元離散コサイン変換の基底に基づく正弦波により光強度変調を行うように駆動しているのので、1次元離散コサイン変換を高精度に演算することができる。

【0117】請求項8の発明によれば、画像表示部としてネマティック液晶材料からなり一垂直走査期間に複数回の水平走査を繰り返すように駆動される液晶パネルを用いた場合にも、演算精度の低下を最小限に抑えることができ、1次元離散コサイン変換を高精度に演算することができる。

【0118】さらに、本発明の光演算装置及びその駆動方法によれば、画像圧縮装置、画像伸長装置等に適用することができ、演算速度の高速化及び演算の高精度化が可能であり、動画像を高精度に処理できる画像圧縮装置、画像伸長装置等を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図8】



20

【図1】本発明による第1の実施例の光演算装置の基本的な構成を示す構成図である。

【図2】本発明による第1の実施例の光演算装置における発光部の光強度の変化を低次の4個分について示した図である。

【図3】1次元の離散コサイン変換の基底を濃淡パターンとして示した図である。

【図4】本発明による第2の実施例の光演算装置の基本的な構成を示す構成図である。

10 【図5】本発明による第5の実施例の光演算装置の基本的な構成を示す構成図である。

【図6】ネマティック液晶材料からなり一垂直走査期間に複数回の水平走査を繰り返すように駆動される液晶パネルの一画素に一定の明るさの光を透過させたときの透過光の強度の時間変化を示す模式図である。

【図7】本発明による第6の実施例の光演算装置の基本的な構成を示す構成図である。

【図8】従来の光演算装置（空間多重展開方式）の構成を示す図である。

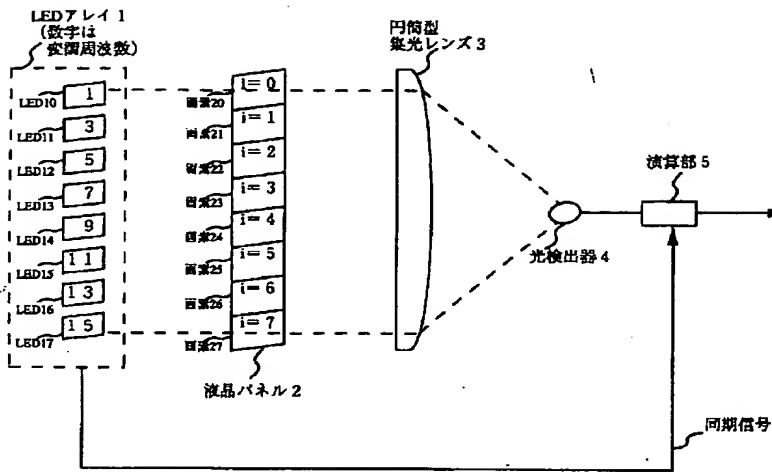
20 【図9】従来の光演算装置（時間多重展開方式）の構成を示す図である。

【図10】従来の光演算装置（時空間多重展開方式）の構成を示す図である。

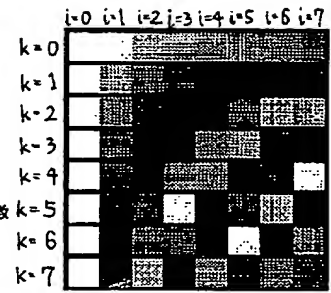
【符号の説明】

1, 101, 201, 301, 501 発光ダイオード (LED) アレイ  
10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000, 1001, 1002, 1003, 1004, 1005, 1006, 1007, 1008, 1009, 1010, 1011, 1012, 1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 1018, 1019, 1020, 1021, 1022, 1023, 1024, 1025, 1026, 1027, 1028, 1029, 1030, 1031, 1032, 1033, 1034, 1035, 1036, 1037, 1038, 1039, 1040, 1041, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046, 1047, 1048, 1049, 1050, 1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1058, 1059, 1060, 1061, 1062, 1063, 1064, 1065, 1066, 1067, 1068, 1069, 1070, 1071, 1072, 1073, 1074, 1075, 1076, 1077, 1078, 1079, 1080, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085, 1086, 1087, 1088, 1089, 1090, 1091, 1092, 1093, 1094, 1095, 1096, 1097, 1098, 1099, 1100, 1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106, 1107, 1108, 1109, 1110, 1111, 1112, 1113, 1114, 1115, 1116, 1117, 1118, 1119, 1120, 1121, 1122, 1123, 1124, 1125, 1126, 1127, 1128, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1138, 1139, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144, 1145, 1146, 1147, 1148, 1149, 1150, 1151, 1152, 1153, 1154, 1155, 1156, 1157, 1158, 1159, 1160, 1161, 1162, 1163, 1164, 1165, 1166, 1167, 1168, 1169, 1170, 1171, 1172, 1173, 1174, 1175, 1176, 1177, 1178, 1179, 1180, 1181, 1182, 1183, 1184, 1185, 1186, 1187, 1188, 1189, 1190, 1191, 1192, 1193, 1194, 1195, 1196, 1197, 1198, 1199, 1200, 1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1206, 1207, 1208, 1209, 1210, 1211, 1212, 1213, 1214, 1215, 1216, 1217, 1218, 1219, 1220, 1221, 1222, 1223, 1224, 1225, 1226, 1227, 1228, 1229, 1230, 1231, 1232, 1233, 1234, 1235, 1236, 1237, 1238, 1239, 1240, 1241, 1242, 1243, 1244, 1245, 1246, 1247, 1248, 1249, 1250, 1251, 1252, 1253, 1254, 1255, 1256, 1257, 1258, 1259, 1260, 1261, 1262, 1263, 1264, 1265, 1266, 1267, 1268, 1269, 1270, 1271, 1272, 1273, 1274, 1275, 1276, 1277, 1278, 1279, 1280, 1281, 1282, 1283, 1284, 1285, 1286, 1287, 1288, 1289, 1290, 1291, 1292, 1293, 1294, 1295, 1296, 1297, 1298, 1299, 1300, 1301, 1302, 1303, 1304, 1305, 1306, 1307, 1308, 1309, 1310, 1311, 1312, 1313, 1314, 1315, 1316, 1317, 1318, 1319, 1320, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327, 1328, 1329, 1330, 1331, 1332, 1333, 1334, 1335, 1336, 1337, 1338, 1339, 1340, 1341, 1342, 1343, 1344, 1345, 1346, 1347, 1348, 1349, 1350, 1351, 1352, 1353, 1354, 1355, 1356, 1357, 1358, 1359, 1360, 1361, 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374, 1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429, 1430, 1431, 1432, 1433, 1434, 1435, 1436, 1437, 1438, 1439, 1440, 1441, 1442, 1443, 1444, 1445, 1446, 1447, 1448, 1449, 1450, 1451, 1452, 1453, 1454, 1455, 1456, 1457, 1458, 1459, 1460, 1461, 1462, 1463, 1464, 1465, 1466, 1467, 1468, 1469, 1470, 1471, 1472, 1473, 1474, 1475, 1476, 1477, 1478, 1479, 1480, 1481, 1482, 1483, 1484, 1485, 1486, 1487, 1488, 1489, 1490, 1491, 1492, 1493, 1494, 1495, 1496, 1497, 1498, 1499, 1500, 1501, 1502, 1503, 1504, 1505, 1506, 1507, 1508, 1509, 1510, 1511, 1512, 1513, 1514, 1515, 1516, 1517, 1518, 1519, 1520, 1521, 1522, 1523, 1524, 1525, 1526, 1527, 1528, 1529, 1530, 1531, 1532, 1533, 1534, 1535, 1536, 1537, 1538, 1539, 1540, 1541, 1542, 1543, 1544, 1545, 1546, 1547, 1548, 1549, 1550, 1551, 1552, 1553, 1554, 1555, 1556, 1557, 1558, 1559, 1560, 1561, 1562, 1563, 1564, 1565, 1566, 1567, 1568, 1569, 1570, 1571, 1572, 1573, 1574, 1575, 1576, 1577, 1578, 1579, 1580, 1581, 1582, 1583, 1584, 1585, 1586, 1587, 1588, 1589, 1590, 1591, 1592, 1593, 1594, 1595, 1596, 1597, 1598, 1599, 1600, 1601, 1602, 1603, 1604, 1605, 1606, 1607, 1608, 1609, 1610, 1611, 1612, 1613, 1614, 1615, 1616, 1617, 1618, 1619, 1620, 1621, 1622, 1623, 1624, 1625, 1626, 1627, 1628, 1629, 1630, 1631, 1632, 1633, 1634, 1635, 1636, 1637, 1638, 1639, 1640, 1641, 1642, 1643, 1644, 1645, 1646, 1647, 1648, 1649, 1650, 1651, 1652, 1653, 1654, 1655, 1656, 1657, 1658, 1659, 1660, 1661, 1662, 1663, 1664, 1665, 1666, 1667, 1668, 1669, 1670, 1671, 1672, 1673, 1674, 1675, 1676, 1677, 1678, 1679, 1680, 1681, 1682, 1683, 1684, 1685, 1686, 1687, 1688, 1689, 1690, 1691, 1692, 1693, 1694, 1695, 1696, 1697, 1698, 1699, 1700, 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706, 1707, 1708, 1709, 1710, 1711, 1712, 1713, 1714, 1715, 1716, 1717, 1718, 1719, 1720, 1721, 1722, 1723, 1724, 1725, 1726, 1727, 1728, 1729, 1730, 1731, 1732, 1733, 1734, 1735, 1736, 1737, 1738, 1739, 1740, 1741, 1742, 1743, 1744, 1745, 1746, 1747, 1748, 1749, 1750, 1751, 1752, 1753, 1754, 1755, 1756, 1757, 1758, 1759, 1760, 1761, 1762, 1763, 1764, 1765, 1766, 1767, 1768, 1769, 1770, 1771, 1772, 1773, 1774, 1775, 1776, 1777, 1778, 1779, 1780, 1781, 1782, 1783, 1784, 1785, 1786, 1787, 1788, 1789, 1790, 1791, 1792, 1793, 1794, 1795, 1796, 1797, 1798, 1799, 1800, 1801, 1802, 1803, 1804, 1805, 1806, 1807, 1808, 1809, 1810, 1811, 1812, 1813, 1814, 1815, 1816, 1817, 1818, 1819, 1820, 1821, 1822, 1823, 1824, 1825, 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832, 1833, 1834, 1835, 1836, 1837, 1838, 1839, 1840, 1841, 1842, 1843, 1844, 1845, 1846, 1847, 1848, 1849, 1850, 1851, 1852, 1853, 1854, 1855, 1856, 1857, 1858, 1859, 1860, 1861, 1862, 1863, 1864, 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1870, 1871, 1872, 1873, 1874, 1875, 1876, 1877, 1878, 1879, 1880, 1881, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 1887, 1888, 1889, 1890, 1891, 1892, 1893, 1894, 1895, 1896, 1897, 1898, 1899, 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908, 1909, 1910, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923, 1924, 1925, 1926, 1927, 1928, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936

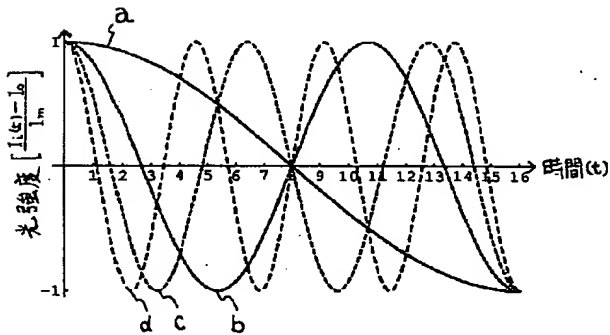
【図1】



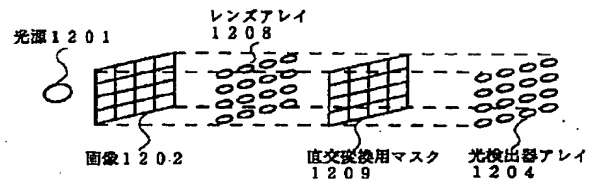
【図3】



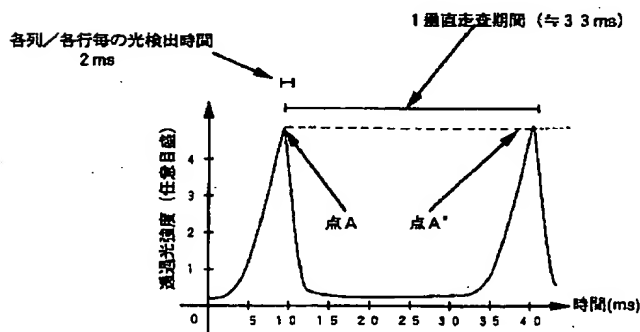
【図2】



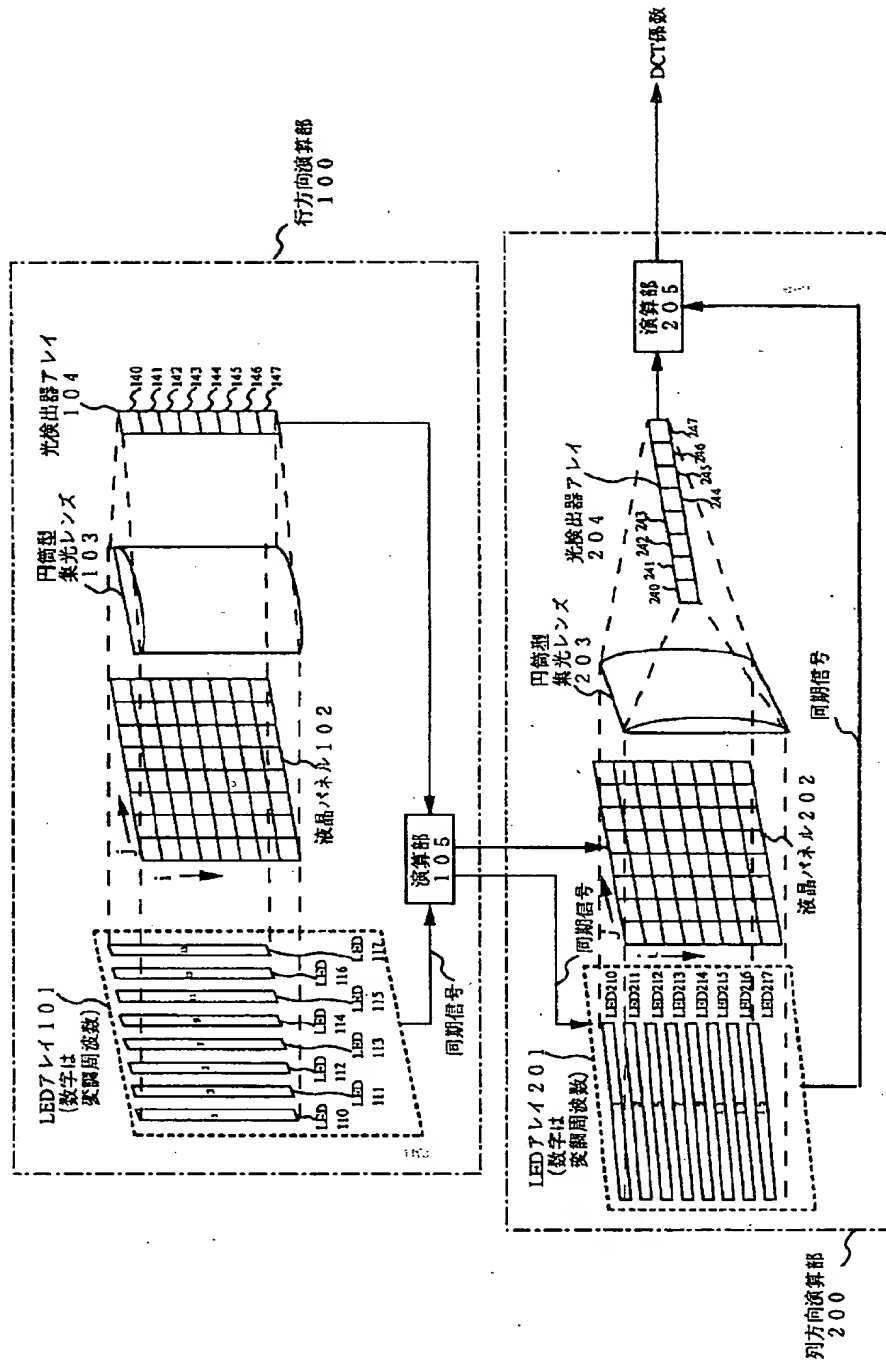
【図10】



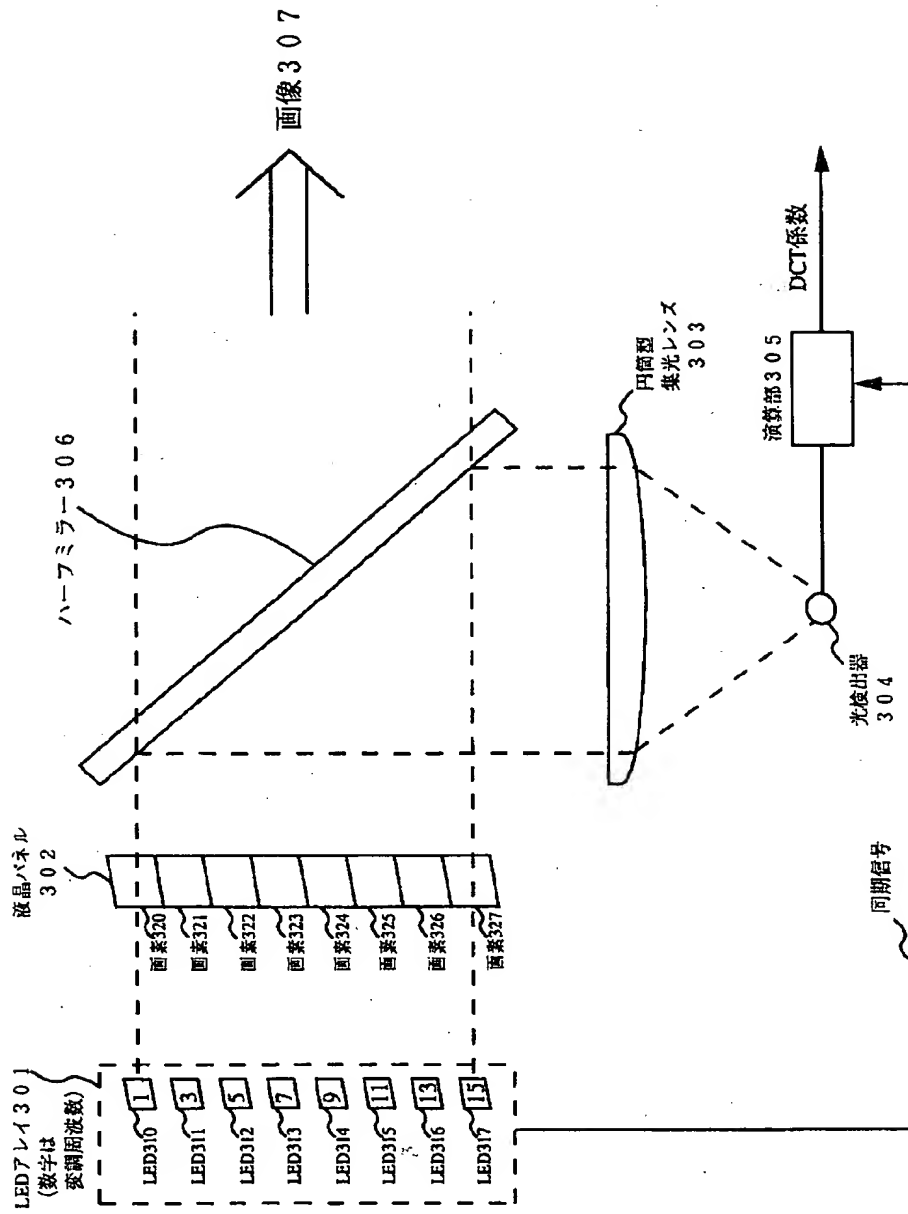
【図6】



【図 4】



【図5】





【図7】

